1973 г. Октябрь *Том 111, вып. 2*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

538.222 (049.3)

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС

С. А. Альтшулер, Б. М. Козырев. Электронный парамагнитный резонанс. Соединения элементов промежуточных групп М., «Наука», 1972, 672 с.

Передо мной две книги крупнейших специалистов в области радиоспектроскопии — С. А. Альтшулера и Б. М. Козырева. Первая издана в 1961 г., вторая в 1972 г. Обе называются «Электронный парамагнитный резонанс», но в издании 1972 г. добавлено — «Соединения элементов промежуточных групп». Одиннадцать лет, прошедших между двумя изданиями, были годами интенсивного развития радиоспектроскопии. Поэтому первое издание, служившее многие годы настольной книгой радиоспектроскопистов, сегодня уже выглядит несколько фрагментарно. Разумеется, это не упрек авторам, а комплимент быстро развивающейся науке. Лучше всего это поняли сами авторы, написав новую книгу. Я не оговорился. Даже беглое сравнение двух книг показывает, что перед нами не столько второе издание известной книги, сколько новая книга.

Некоторое суже́ние материала и рассмотрение главным образом общих вопросов и соединений элементов промежуточных групп привело, тем не менее, к увеличению объема почти в два раза. Книга содержит семь глав, пять приложений (о них следует сказать особо) и подробную библиографию.

Первая глава служит феноменологическим введением в парамагнитный резонанс. В ней определяется место этого направления в системе физических наук, кратко излагаются основные принципы. Пожалуй, оправданной является конспективность в изложении уравнений Блоха. Этому вопросу посвящены главы многих монографий.

Очень полезна вторая глава «Методы измерения». В ней приведены основные принципы работы микроволновых и радиочастотных спектрометров. Изложение иллюстрируется блок-схемами. Достаточно подробно описаны современные импульсные методы.

Третья глава посвящена теории кристаллического поля, спин-гамильтониана и родственных вопросов. Обращает на себя внимание ее удачное построение: общая теория обязательно сопровождается разбором конкретных примеров. Подробно рассмотрены соединения элементов группы железа, редкоземельных элементов, актинидов. Авторы останавливаются специально на поведении ионов в s-состоянии в кристаллическом поле, на роли ковалентности при изучении энергетического спектра примесных ионов в кристаллах. Полезно включение в книгу метода Костера и Стаца, позволяющего из достаточно общих соображений построить спин-гамильтониан. Не вздыхая о том, чего нет в книге, следует все же пожалеть, что в ней отсутствует очень удобный феноменологический метод записи спин-гамильтониана — метод спин-инвариантов.

В этой же главе кратко излагается электрополевой эффект в ЭПР. Заметим, что влияние внешних параметров (электрического поля, давления, температуры) на спектры ЭПР привела к ряду интересных результатов, и, как нам кажется, этим вопросам следовало бы посвятить специальную главу. Наше пожелание относится, разумеется, к третьему изданию книги.

Из группы комбинированных резонансов авторы останавливаются на двойном электронно-ядерном резонансе. Применительно к элементам переходных групп это правомерно, ибо ЭНДОР наиболее успешно использовался при их изучении.

Спин-спиновым взаимодействиям и форме линий ЭПР посвящена четвертая глава. Подробно изложена теория моментов, роль обменных взаимодействий, орбитального механизма. Всюду, где это возможно, проведено сопоставление с экспериментом. Достаточно места уделено статистической теории формы линий в том виде, который ей придали Грант и Стренберг. Как известно, этот метод оказал неоценимую услугу при рассмотрении дефектных механизмов уширения линий ЭПР. Здесь же кратко приводится

© «Успехи физических наук», 1973.

полуфеноменологическая теория неоднородно уширенных линий. Достаточно подробно изложена роль кросс-релаксации в процессах установления термодинамического равновесия в спиновых системах.

Весьма педагогично написана пятая глава, в которой излагается теория спин-решеточной релаксации. Поклонники «кубистики», может быть, будут несколько разочарованы отсутствием подхода к спин-фононным взаимодействиям с точки зрения квантовых кинетических уравнений. Оказывается, однако, что авторы преследовали другую цель. Не процессы приближения к равновесию, а расчеты вероятностей спин-фононных переходов находились в их поле зрения. А изложен этот круг вопросов мастерски. С единой точки зрения рассмотрены прямые процессы, процессы комбинационного рассеяния и резонансной флуоресценции. Результаты применены к ионам группы железа и редкоземельных элементов, находящимся в различном кристаллическом окружении. Показан способ введения феноменологического динамического гамильтониана, рассмотрен эффект «узкого фононного горла», описано влияние однородной деформации на спектры ЭПР.

Естественным продолжением пятой главы является рассмотрение акустического парамагнитного резонанса (АПР) (шестая глава). В ней подробно исследованы механизмы и форма линий АПР. Исследованы особенности АПР ионов группы железа и редкоземельных элементов. Приведены результаты экспериментальных исследований АПР. Читатель найдет в этой главе изложение мандельштам-бриллюэновского рассеяния света на фононах — удачный метод исследования фононов в неравновесном состоянии.

Наконец, седьмая глава посвящена очень трудному вопросу ЭПР в растворах солей и стеклах. Здесь, наряду с результатами изучения параметров спектров ЭПР, изложены теоретические и экспериментальные исследования парамагнитной релаксации и формы линий ЭПР.

Значительную часть книги занимают приложения, за публикацию которых будут благодарны авторам все, интересующиеся ЭПР и парамагнитной релаксацией. В приложении I собраны экспериментальные данные о параметрах спин-гамильтонианов в кристаллах для соединений элементов группы железа, редкоземельных элементов, переходных групп палладия и платины, актинидов. Экспериментальные данные о параметрах спин-гамильтонианов в жидких растворах, стеклах и замороженных растворах для элементов тех же групп собраны в приложении II. Не менее полезно приложение IV, в котором содержатся результаты измерений времен спин-решеточной релаксации в кристаллах. В приложении V приведены матричные элементы спиновых операторов, столь необходимые при любом конкретном расчете.

Завершается книга прекрасно составленной библиографией.

Рецензируемую книгу без преувеличения можно назвать энциклопедией ЭПР соединений элементов промежуточных групп, хотя значение ее выходит далеко за рамки очерченного в названии круга вопросов.

Издательство «Наука» сделало очень полезное и необходимое дело, опубликовав эту книгу, но поступило бы еще лучше, напечатав ее значительно бо́льшим тиражом.

М. Ф. Дейген